

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально - науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему

ОЦІНКА ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ НА ФІТОТОКСИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ (на прикладі м. Харкова)

Виконав: студент 2 курсу, групи ДЕ-64
спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Автор _____ / Сергій НЕБРІН
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ / доц. Іветта КРИВИЦЬКА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____ / проф. Алла НЕКОС
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / Марина ЩОКІНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ / Світлана БУРЧЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

м. Харків – 2023 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Інститут: Навчально-науковий інститут екології
Кафедра: екологічної безпеки та екологічної освіти
Рівень вищої освіти: магістр
Спеціальність: 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____/проф. Алла НЕКОС
(підпис) (ім'я та прізвище)
“ 5 ” травня 2023 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Сергію НЕБРИНУ

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи: Оцінка впливу автотранспорту на фітотоксичні властивості ґрунтів (на прикладі м. Харкова)

керівник роботи: Іветта КРИВИЦЬКА, канд. біол. наук, доцент,
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “ 25 ” жовтня 2023 року № 4301-5/3070

2. Строк подання студентом роботи « 24 » листопада 2023 року _____

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. збір, обробка та аналіз наявної інформації щодо впливу автотранспорту на ґрунти у межах міста;
2. загальна характеристика урбоґрунтів, які перебувають у процесі дослідження;

3. відбір проб ґрунту з ділянок у придорожніх зонах з різними по інтенсивності автотранспортними потоками і промисловим впливом;
4. лабораторний аналіз відібраних проб ґрунту – токсикологічна оцінка урбоґрунтів;
5. виявлення токсичних властивостей у всіх пробах ґрунту, які знаходяться під впливом автотранспорту, спираючись на результати лабораторних аналізів зразків;
6. складання висновків та рекомендацій.

4. План роботи.

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Дослідити наявну наукову літературу щодо впливу автотранспорту на ґрунтовий покрив міста.
2	Збір інформації моніторингових досліджень міських ґрунтів. Проведення відбору проб ґрунту з ділянок спостережень у межах міста Харкова та доставка зразків у лабораторію.
3	Аналіз результатів лабораторних досліджень екологічного стану ґрунтів під впливом автотранспорту.
4	Формування рекомендацій щодо поліпшення стану ґрунтового покриття міста, що знаходиться під впливом автотранспорту.
5	Написання висновків та оформлення списку літератури.

5. Дата видачі завдання 08.06.2023 р.

Студент _____
(підпис)

Сергій НЕБРІН
(ім'я і прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

доц. Іветта КРИВИЦЬКА
(посада, ім'я і прізвище)

АНОТАЦІЯ

ОЦІНКА ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ НА ФІТОТОКСИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ (на прикладі м. Харкова)

Сергій НЕБРІН

Кваліфікаційна робота «Оцінка впливу автотранспорту на фітотоксичні властивості ґрунтів (на прикладі м. Харкова)» містить 34 сторінок, 4 розділи, 3 таблиць, 1 формула, 4 рисунків, 21 використаних джерела.

Мета роботи: оцінка впливу автотранспорту на фітотоксичні властивості ґрунтів у м. Харкові.

Актуальність роботи: полягає в зростанні проблеми впливу автотранспорту на фітотоксичні характеристики ґрунтів через різке збільшення автомобільного руху у міських районах. Викиди із автомобільних вихлопів містять шкідливі речовини, та токсичні забруднювачі, які можуть негативно впливати на біологічну активність ґрунту та його родючість.

Завдання: дослідження передбачають оцінку впливу автотранспорту на фітотоксичні властивості ґрунтів у м. Харкові. Проведення аналізу літературних джерел, вивчення транспортної інфраструктури, застосування методів біотестування для виявлення токсичних властивостей ґрунтів.

Методи: польові, лабораторні та аналітичні.

Результати: для визначення впливу автотранспорту на ґрунтовий покрив було відібрано проби ґрунту у 4 придорожніх зонах з різними по інтенсивності автотранспортними потоками. Біологічний аналіз показав, що усі зразки виявили токсичні властивості.

ҐРУНТ, АВТОТРАНСПОРТ, БІОТЕСТУВАННЯ,
ФІТОТОКСИЧНІСТЬ

ABSTRACT

EVALUATION OF THE IMPACT OF AUTOMOTIVE TRANSPORT ON PHYTOTOXIC PROPERTIES OF SOILS

(on the example of kharkiv city)

Sergiy NEBRIN

Qualification paper «Assessment of the impact of automotive transport on phytotoxic properties of soils (on the example of Kharkiv city)» contains 34 pages, 4 chapters, 3 tables, 1 formula, 4 figures, 21 used sources.

The purpose of the work: assessment of the impact of motor vehicles on the phytotoxic properties of soils in the city of Kharkiv.

Relevance of the work: consists in the growing problem of the impact of motor vehicles on the phytotoxic characteristics of soils due to a sharp increase in automobile traffic in urban areas. Emissions from car exhausts contain harmful substances and toxic pollutants that can negatively affect the biological activity of the soil and its fertility.

Objective: the research provides an assessment of the impact of motor vehicles on the phytotoxic properties of soils in the city of Kharkiv. Analysis of literary sources, study of transport infrastructure, application of biotesting methods to detect toxic properties of soils.

Methods: field, laboratory and analytical.

Results: to determine the impact of motor vehicles on the soil cover, soil samples were taken in 4 roadside zones with different intensity of motor vehicle flows. Biological analysis showed that all samples showed toxic properties.

SOIL, ROAD TRANSPORT, BIOTESTING, PHYTOTOXICITY

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЩОДО ЗАБРУДНЕННЯ УРБОНОГРУНТІВ	10
1.1. Вплив автотранспорту на ґрунтовий покрив.....	10
1.2. Основні тенденції та результати попередніх досліджень.....	11
1.3. Характеристика та сучасний стан автотранспортного напруження м. Харкова.....	13
1.4. Оцінка ризиків та наслідків забруднення для ґрунтового покриву.....	14
1.5. Методи біотестування фітотоксичності ґрунтів.....	16
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ.....	19
РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ФІТОТОКСИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ, ПІД ВПЛИВОМ АВТОТРАНСПОРТУ	21
3.1. Особливості ґрунтового покриву м. Харкова.....	21
3.2. Оцінка фітотоксичних властивостей ґрунтів.....	24
РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОЛПШЕННЯ СТАНУ УРБОҐРУНТІВ ПІД ВПЛИВОМ АВТОТРАНСПОРТУ	30
ВИСНОВКИ.....	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	33

ВСТУП

Сучасний розвиток автотранспорту свідчить про позитивні зміни у соціально-економічному житті суспільства. Автомобілі стали необхідною складовою нашого повсякденного життя, забезпечуючи комфорт та швидкість переміщення. Проте, разом з перевагами, автотранспорт впливає на навколишнє середовище, включаючи ґрунтовий покрив.

Один з найважливіших компонентів екосистеми, ґрунт, забезпечує життєдіяльність рослин, впливає на якість повітря та води, зберігає біологічну різноманітність. Але зростаюча інтенсивність автотранспорту та забруднення викидами автомобілів можуть негативно позначитися на фізико-хімічних та біологічних властивостях ґрунтів, викликати забруднення та втрату продуктивності ґрунту.

Оцінка впливу автотранспорту на фітотоксичні властивості ґрунтів важлива для екосистем. Вивчення цього питання у м. Харкові, одному з найбільших транспортних вузлів України, є особливо вагомим через високу автомобільну активність та щільну транспортну інфраструктуру.

Актуальність теми. Проблема впливу автотранспорту на фітотоксичні властивості ґрунтів стає все більш актуальною у контексті швидкого зростання автомобільного руху в містах. Емісії викидів автотранспорту містять шкідливі речовини, такі як важкі метали, нафтопродукти, сажу, пестициди та інші токсичні речовини, які можуть мати негативний вплив на біологічну активність ґрунту та його родючість.

Харків, одне з найбільших міст України, має проблеми з автотранспортним навантаженням та забрудненням довкілля через зростання автопарку, погіршення повітря та забруднення ґрунту, які потребують комплексного вивчення. Вивчення впливу автотранспорту на фітотоксичні властивості ґрунтів є ключовим для розвитку наукових знань про взаємодію транспорту та довкілля. Це сприяє вдосконаленню стратегій екологічного планування та забезпеченню сталого розвитку міст.

Тема кваліфікаційної роботи - оцінка впливу автотранспорту на фітотоксичні властивості ґрунтів на прикладі м. Харкова

Метою даної роботи є оцінка впливу автотранспорту на фітотоксичні властивості ґрунтів у м. Харкові.

Завдання:

1. збір, обробка та аналіз наявної інформації щодо впливу автотранспорту на ґрунти у межах міста;
2. загальна характеристика урбоґрунтів, які перебувають у процесі дослідження;
3. відбір проб ґрунту з ділянок у придорожніх зонах з різними по інтенсивності автотранспортними потоками і промисловим впливом;
4. лабораторний аналіз відібраних проб ґрунту – токсикологічна оцінка урбоґрунтів;
5. виявлення токсичних властивостей у всіх пробах ґрунту, які знаходяться під впливом автотранспорту, спираючись на результати лабораторних аналізів зразків;
6. формування висновків та рекомендацій.

Об'єкт дослідження - ґрунти, що піддаються впливу автотранспорту у м. Харкові.

Предметом дослідження – дослідження ґрунту на токсичні властивості за допомогою методу біотестування.

Основна гіпотеза дослідження - є виявлення впливу автотранспорту на якість та фітотоксичні властивості ґрунтового покриву у м. Харкові.

Дослідження мають за мету з'ясувати, як автотранспорт впливає на рівень забруднення ґрунту та які наслідки це має для його фітотоксичних властивостей і допоможуть визначити обсяги та напрямки подальших досліджень. При цьому особлива увага приділяється контексту міста Харкова, його транспортній інфраструктурі, обсягам автотранспортного руху та особливостям міського середовища.

Методологічна база дослідження. Для реалізації поставлених завдань та досягнення мети дослідження щодо оцінки впливу автотранспорту на фітотоксичні властивості ґрунтів у м. Харкові, використана наступна методологічна база:

1. Аналіз літературних джерел: проведено огляд наукових досліджень і публікацій, пов'язаних із впливом автотранспорту на фітотоксичність ґрунтів. Це дозволило оцінити рівень досліджень, виявити основні тенденції, дізнатися результати минулих робіт.

2. Застосування польових та лабораторних методів дослідження: було здійснено збір проб ґрунту з різних ділянок м. Харкова. Використовувалися стандартні методи визначення фізико-хімічних характеристик ґрунтів, а також біотестування для визначення фітотоксичних властивостей.

3. Статистичний аналіз даних: отримані результати оброблені та проаналізовані за допомогою статистичних методів. Використано дисперсійний, кореляційний аналіз та інші методи для з'ясування зв'язку між фітотоксичністю та навантаженням автотранспорту.

4. Геоінформаційний аналіз: був використаний для визначення географічного поширення автотранспорту та його впливу на досліджувані ділянки ґрунтів у м. Харкові. Використані дані з мап та геоінформатики для аналізу зв'язку між автотранспортом та фітотоксичністю ґрунтів.

5. Екологічний аналіз: дослідження здійснено з оцінки ризиків та наслідків для ґрунтового покриву внаслідок автотранспорту. Були враховані екологічні показники, такі як концентрація забруднюючих речовин, наявність важких металів, зміни біологічної активності тощо.

Методологічна база дослідження дозволила провести комплексний аналіз впливу автотранспорту на фітотоксичні властивості ґрунтів у м. Харкові та сформулювати висновки та рекомендації щодо мінімізації негативних наслідків.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЩОДО ЗАБРУДНЕННЯ УРБОНОГРУНТІВ

1.1. Вплив автотранспорту на ґрунтовий покрив

Транспортно-дорожній комплекс вважається одним з найбільш значних джерел забруднення навколишнього середовища. Транспорт також є основним джерелом шуму в містах та призводить до теплового забруднення.

Вихлопні гази, що утворюються під час процесу згоряння палива у двигунах, мають у складі понад 200 небезпечних речовин, включаючи канцерогенні фактори. Продукти нафтопереробки, залишки від використаних шин та гальмових накладок, пил та розсипчасті матеріали, а також використані зимові солі (хлориди), способили забруднення придорожніх смуг та водних об'єктів.

Сучасні автотранспортні засоби становлять основне джерело забруднення повітря у великих містах. Внаслідок експлуатації автомобілів утворюються шкідливі речовини, які потрапляють у атмосферу через вихлопні гази, випари з паливних систем та під час заправки. Викиди оксидів вуглецю також залежать від маршруту транспортних засобів та стану дорожнього покриття. Збільшення швидкості автомобіля і різке гальмування призводять до восьмиразового збільшення кількості оксидів вуглецю у вихлопних газах. Найменший об'єм оксидів вуглецю утворюється при швидкості руху автомобіля, яка дорівнює 60 кілометрів на годину [1].

Кількість токсичних речовин у вихлопних газах обумовлена чисельними факторами та умовами, що впливають на експлуатацію автотранспорту.

Режим руху автомобіля, включаючи швидкість, активність прискорення та гальмування, може впливати на склад та концентрацію викидів. Крім того, рельєф дороги має значення, оскільки висота, нахил та

кривизна дороги можуть впливати на споживання палива та ефективність викидів.

Технічний стан автомобіля також впливає на кількість шкідливих речовин у вихлопних газах. Регулярне проведення технічного обслуговування та заміна зношених деталей можуть допомогти зменшити викиди шкідливих речовин у повітря [1].

Важливо враховувати, що вихлопні гази, які викидаються автотранспортом, накопичуються в нижніх шарах атмосфери, тобто на рівні дихання людей. Це ставить автомобільний транспорт в одну з найнебезпечніших категорій джерел забруднення повітря, особливо в районах неподалік від автострад та шосе.

1.2. Основні тенденції та результати попередніх досліджень

Забруднення поверхні землі, спричинене транспортними та дорожніми викидами, наростає поступово, пропорційно кількості автотранспорту, який проїжджає по дорогах та трасах. Це забруднення може залишатися протягом тривалого часу, навіть після закриття дороги, траси або їх повної ліквідації. Розпад матеріалів, що утворилися внаслідок автомобільного транспорту, може зайняти значну кількість часу.

Різні хімічні елементи, зокрема метали, можуть накопичуватися в ґрунтах і потрапляти в організми рослин, тварин та людей через харчовий ланцюг. Деякі з цих елементів можуть також розчинятися і виноситися з ґрунтами водою, яка потім потрапляє в річки, водойми і може бути використана для пиття, що може спричинити їх попадання в людський організм [2].

Свинець є одним з найпоширеніших і найтоксичніших токсичних викидів транспорту. Санітарно-гігієнічний стандарт для вмісту свинцю у ґрунтах становить 32 мг/кг. Згідно з висновками екологів, концентрація свинцю на земельній поверхні поблизу траси Київ-Харків дорівнює майже

1000 мг/кг ґрунту, а в самому місті з високим рівнем автомобільного руху цей показник може бути в 5 разів вищим. Більшість рослин досить стійко переносять збільшений вміст важких металів у ґрунті, за винятком випадків, коли вміст свинцю перевищує 3000 мг/кг, що може призвести до деградації рослинності вздовж дороги. Вміст свинцю у їжі на рівні і більше 150 мг/кг стає небезпечним для життя тварин.

Найбільше забруднення викидами фіксується на відстані від 7 до 15 метрів від межі дороги, концентрація зменшується майже удвічі через 25 метрів. На відстані 100 метрів концентрація металів наближається до пустимого рівня. Варто зазначити, що із загальної кількості викидів 25% залишається на поверхні дороги, а 75% осідають на сусідніх територіях [3].

Застосування сполук проти ожеледиці на тротуарах і дорогах в зимовий період значно впливає на міські ґрунти. Накопичення солей у ґрунтах спостерігається на територіальній відстані до 100 метрів у зоні дороги, а особливо помітно це упродовж перших 10-ти метрів. Найвищий рівень забруднення солями ґрунтів спостерігається на весні, тоді як мінімальний рівень виявляється у вересні-жовтні. Розсипання солей на дорогах стає причиною збільшення дисперсності ґрунту, погіршення його проникності для вологи та провітрюваності [4].

Автотранспорт є найбільшим джерелом забруднення ґрунту у міських районах. Вихлопні гази автомобілів містять близько 40 різних хімічних сполук, більшість з яких є токсичними. Це становить значну загрозу, оскільки ці речовини можуть увійти до харчових ланцюгів живих організмів. Це, може спричинити дисбаланс в екологічній стійкості середовища.

Особливо високі концентрації токсичного свинцю спостерігаються в ґрунтах на відстані 100 метрів від автомагістралей. У міських територіях особлива увага приділяється таким елементам, як свинець (Pb), арсен (As), мідь (Cu), цинк (Zn), кадмій (Cd) і нікель (Ni). Забруднення ґрунтів впливає на процеси ґрунтоутворення, гальмує їх, суттєво знижує продуктивність ґрунтів і спричиняє накопичення забруднювачів у рослинах. Люди часто

отримують ці забруднювачі через споживання рослинних і тваринних продуктів. Крім того, забруднення ґрунтів призводить до послаблення процесів самоочищення від хвороботворних організмів, які можуть бути джерелами небезпечних хвороб [5].

1.3. Характеристика та сучасний стан автотранспортного напруження м. Харкова

Місто Харків є одним з найбільших і найбільш густонаселених міст України, і автотранспортне напруження є однією з важливих проблем, з якими стикається ця міська агломерація. Транспортна інфраструктура міста Харків розвинена і має кілька видів транспорту, які забезпечують переміщення по місту.

Основні складові транспортної інфраструктури Харкова включають:

1. Дорожня мережа: Харків має розвинену систему доріг, включаючи магістральні шляхи, вулиці та проспекти. Дорожня мережа забезпечує зв'язок між різними районами міста і з іншими населеними пунктами.

2. Громадський транспорт: Місто Харків має широку мережу громадського транспорту, яка включає тролейбуси, трамваї, автобуси та метро. Метрополітен Харкова, відомий як «Метро», має три лінії і є важливим засобом масової транспортної системи міста.

3. Велосипедні доріжки: В останні роки Харків активно розвиває мережу велосипедних доріжок та велосипедну інфраструктуру. Це сприяє розвитку велосипедного транспорту та зменшенню автомобільного руху.

4. Залізничний транспорт: Харків є важливим залізничним вузлом України. У місті розташовані кілька залізничних вокзалів, звідки відбуваються залізничні поїздки до різних напрямків країни.

5. Авіатранспорт: Міжнародний аеропорт Харкова забезпечує пасажирські та вантажні авіап перевезення. Це важливий вузол для повітряних з'єднань із різними містами України та світу [6].

У зв'язку зі швидким розвитком міста, існують плани подальшого розвитку транспортної інфраструктури в Харкові, включаючи розширення мережі метро, поліпшення дорожньої інфраструктури, модернізацію громадського транспорту та розвиток інтегрованих транспортних систем міста [7].

На території міста Харків та Харківської області функціонують міські, міжміські та приміські маршрути, які обслуговують 1646 транспортних засобів, у тому числі пристосованих для перевезення осіб з інвалідністю 273 одиниці, що складає 16,58 %. У Харкові зареєстровано 223 700 легкових автомобілів. Вантажних автомобілів налічується приблизно 9000 одиниць.

1.4. Оцінка ризиків та наслідків забруднення для ґрунтового покриття

Основними джерелами забруднення ґрунту внаслідок автотранспорту є:

1. Викиди відпрацьованих газів: Викиди відпрацьованих газів з вихлопних систем автомобілів містять шкідливі речовини, такі як оксиди азоту (NO_x), оксиди сірки (SO_x), вуглеводні та інші токсичні сполуки. Ці речовини можуть осідати на ґрунті та спричиняти його забруднення.

2. Витік палива: Протікання або проливання палива на дорозі може призвести до забруднення ґрунту. Нафта, дизельне паливо та інші паливні речовини містять шкідливі хімікати, які можуть проникати в ґрунт і негативно впливати на його якість.

3. Відпрацьовані мастила і речовини з автомобілів: Відпрацьовані мастила, антифризи та інші автомобільні речовини можуть витікати або викидатися на дорогу, що веде до забруднення ґрунту. Ці речовини містять токсичні компоненти, які можуть негативно впливати на якість ґрунту та природне середовище.

4. Розтікання солей і хімічних розчинників: Взимку, внаслідок використання солей для розтирання снігу та льоду на дорогах, солі можуть потрапляти на ґрунт і спричиняти його забруднення. Деякі автомобілі також можуть мати витоки хімічних розчинників, які використовуються для очищення деталей автомобіля.

5. Викиди від шин та гальм: Під час руху автомобілів шини зношуються, а гальма стираються, що призводить до утворення шкідливих частинок. Ці частинки можуть потрапляти на ґрунт та забруднювати його покрив [8].

Забруднення ґрунтового покриву може мати серйозні наслідки для екосистеми, здоров'я людей та сільськогосподарської продуктивності.

Оцінка ризиків та наслідків забруднення для ґрунту включає такі аспекти:

1. Вплив на рослинний світ: Забруднення ґрунту може призвести до зниження родючості та здатності ґрунту підтримувати здоровий рослинний ріст. Токсичні речовини, такі як важкі метали, пестициди або нафтопродукти, можуть впливати на розвиток рослин, знижувати їхню життєздатність, зменшувати врожайність або навіть призводити до загибелі рослин.

2. Вплив на ґрунтовий мікробіологічний склад: Забруднення ґрунту може впливати на різноманітність та активність ґрунтових мікроорганізмів, таких як бактерії, гриби та актиноміцети. Це може порушити природні процеси, такі як розклад органічних речовин, фіксація азоту та нутрієнтний цикл ґрунту.

3. Ризик для водних ресурсів: Забруднення ґрунту може привести до перенесення шкідливих речовин у ґрунтові води. Це може мати наслідки для якості питної води та екосистем водних ресурсів. Наприклад, хімічні речовини можуть бути токсичними для водних організмів та негативно впливати на біорізноманіття водних екосистем.

4. Загроза здоров'ю людей: Забруднення ґрунту може мати прямий вплив на здоров'я людей через вживання забрудненої продукції землі або

контакт зі забрудненим ґрунтом. Шкідливі речовини можуть відкладатися в овочах, фруктах або кормах, що може призвести до отруєння або хронічних захворювань у людей.

5. Вплив на біорізноманіття: Забруднення ґрунту може негативно впливати на різноманітність та стабільність екосистем. Токсичні речовини можуть мати шкідливий вплив на ґрунтових організмів, рослини та тварини, викликаючи зміни у природних популяціях та екологічних взаємозв'язках між організмами [8].

Оцінка ризиків та наслідків забруднення для ґрунтового покриву допомагає виявити проблемні ділянки, розробити стратегії реабілітації та вжити заходів для запобігання подальшому забрудненню [8]. Важливо приділяти увагу екологічним аспектам транспортних систем, використовувати більш екологічні види палива та сприяти сталому управлінню ґрунтовими ресурсами.

1.5. Методи біотестування фітотоксичності ґрунтів

Біотестування - це методологія, яка використовує живі організми або їх складові частини для оцінки токсичності, ефективності або впливу речовин, матеріалів або середовища на біологічні системи. Цей підхід базується на використанні живих систем як датчиків чутливості, які можуть реагувати на зовнішні фактори або потенційно шкідливі речовини [9].

Основні характеристики біотестування включають:

1. Використання живих організмів: Біотестування базується на використанні різних видів живих організмів, включаючи рослини, тварини, бактерії або клітини, для виявлення токсичності або ефектів випробуваних речовин.

2. Чутливість тестових організмів: Вибір тестових організмів залежить від мети дослідження. Чутливість організмів може варіюватися від високої (наприклад, деякі бактерії чутливі до низьких концентрацій отрути)

до низької (наприклад, деякі види риб можуть бути менш чутливі до деяких речовин).

3. Вимірювання ефектів: Біотестування дозволяє визначити широкий спектр ефектів, включаючи смертність, ріст, розвиток, розмноження, фізіологічні та біохімічні зміни в організмах під впливом випробуваних речовин.

4. Стандартизація та нормативні вимоги: Біотестування має свої протоколи, стандартизовані процедури та нормативні вимоги для забезпечення об'єктивності, порівнянності та достовірності результатів.

5. Використання у різних галузях: Біотестування застосовується в різних галузях, таких як токсикологія, екотоксикологія, фармацевтична промисловість, оцінка безпеки харчових продуктів, охорона навколишнього середовища та інші.

6. Альтернативність і етичність: Біотестування також спрямоване на розвиток та використання альтернативних методів, які зменшують використання тварин та мають менший негативний вплив на добробут тестових організмів [9].

Переваги біотестування включають швидкість, відносну недорогоцінність, реалістичність результатів у контексті біологічних відповідей та можливість оцінки загального ефекту на всю систему, а не окремі компоненти. Крім того, біотестування сприяє визначенню ризиків, розробці стратегій управління ризиками та оцінці ефективності заходів з мінімізації негативного впливу на здоров'я людей і навколишнє середовище в цілому [9].

У дослідженні фітотоксичності ґрунтів використовуються різні методи біотестування.

Основні методи, які часто використовуються в цьому контексті:

1. Тест на проростання насіння: Цей метод полягає в посіві насіння рослин у випробувальній субстрат (зазвичай ґрунт) і оцінці їх проростання та

розвитку. Він дозволяє виявити потенційну токсичність ґрунту на ранніх стадіях росту рослин.

2. Тест на ріст індикаторних рослин: У цьому методі використовуються індикаторні рослини, які реагують на наявність токсичних речовин у ґрунті. Рослини висаджуються у випробувальний ґрунт, і їх ріст та розвиток порівнюють з контрольною групою. Цей метод дозволяє оцінити вплив ґрунту на рослини за тривалий період часу.

3. Тест на біомасу рослин: У цьому методі вимірюють біомасу рослин, вирощених у випробувальному ґрунті, порівняно з контрольними рослинами. Зменшення біомаси вказує на наявність токсичних речовин у ґрунті.

4. Біологічні тести з використанням біологічних індикаторів: У цих тестах використовуються організми, такі як дрозофіли, черв'яки або бактерії, які можуть реагувати на токсичні речовини у ґрунті. Спостереження за виживанням, розвитком або біологічними показниками цих організмів можуть дати інформацію про фітотоксичність ґрунту [10].

Комбінація цих методів дозволяє отримати комплексну інформацію про фітотоксичність ґрунтів та їх вплив на довкілля.

Методи дослідження фітотоксичних властивостей ґрунтів включають в себе фізико-хімічні та біологічні дослідження – це аналітичні та експериментальні методи, які визначають токсичний вплив ґрунтових речовин на рослини [10].

Ці методи використовуються для оцінки фітотоксичності ґрунту та її впливу на рослини, що допомагає визначити проблемні ділянки, джерела забруднення та розробити стратегії його відновлення та охорони.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ГРУНТОВОГО ПОКРИВУ

Для оцінки екологічного стану міських ґрунтів проводили комплекс досліджень у польових та у лабораторних умовах.

У польових дослідженнях здійснювався збір проб ґрунту і подальше транспортування й зберігання зразків, яке відповідало вимогам стандартів ГОСТ 17.4.4.02-84 [11] та ГОСТ 17.4.3.01-83 [11].

Аналіз розчинів проводили за допомогою атомно-абсорбційного спектрометра, метод якого полягає в екстракції елементів зі зразка та їх поглинання радіації вільними атомами певних хімічних елементів від джерела. Це відбувається під час електротермічної атомізації у контейнері з графітом, що використовується в спектрометрі, коли розчин проби вводиться у цю кювету. Підготовка зразків попередньо відбувалась за вимогами ГОСТ ISO 11464-2015 [9].

Контроль кількості важких металів, що знаходяться у ґрунтах відповідає нормативам з екологічної якості встановленим законам. Хімічні елементи без ГДК можуть мати концентрацію, що перевищує фоновий рівень в п'ять або десять разів. Це ґрунтується на західноєвропейських розробках [12].

Біотестування визначає токсичність середовища через аналіз реакції тестових організмів, що вказує на рівень екологічної безпеки чи небезпеки, незалежно від типу токсикантів та їх концентрації. Оцінка забруднення використовує стандартизовані відповіді живих організмів (у цьому випадку рослин). Для цього зафіксовано відхилення параметрів анатомії, фізіології, біохімії, генетики, імунності тощо тест-організмів, що перебували під впливом забруднення протягом контрольного періоду [13].

Для оцінки інтегральної токсичності обраних об'єктів використовували метод біотестування ґрунтів, розроблений Українським науково-дослідним інститутом екологічних проблем Міністерства з охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України [13]. Для цього були використані параметри токсичності водних витяжок з ґрунтів. Тест об'єктами було обрано кукурудзу (*Zea mays L*) та редьку (*Raphanus sativus L*). Рослини були обрані через їхню здатність до швидкого сходження та найменший час вегетації [13].

Для визначення реакції вищих рослин у якості тесту ураховували енергію проростання насіння, довжину паростка та кореня. Після створення водного витяжку, у кожен чашку Петрі поміщали по 30 насінин кукурудзи (*Zea mays L*) та редьки (*Raphanus sativus L*) (насіння із пробних пробірок розміщували на фільтрованому папері, зволоженому водним витяжком, тоді як насіння з контрольних пробірок розміщували на фільтрованому папері, зволоженому питною водою).

Ознакою токсичності є зменшення довжини паростків і коренів рослин на 20% і більше протягом 96 годин біотестування у порівнянні з контрольною групою [14].

Для аналізу даних використано програмний пакет «Microsoft Excel» для статистичної обробки. Після проведення статистичної обробки розраховано так зване значення фітотоксичного впливу на ґрунт. Фітотоксичний ефект вимірюється у відсотках відносно маси рослин, довжини кореневої чи стеблової частини, кількості пошкоджених рослин або кількості проростків зразка [14].

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ ФІТОТОКСИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ, ПІД ВПЛИВОМ АВТОТРАНСПОРТУ

3.1. Особливості ґрунтового покриття м. Харкова

Більша частина природного ґрунтового покриття у місті Харкові знищена. Відповідно до класифікації міських ґрунтів, запропонованої *Строгановою*, міські ґрунти відносяться до 3-х класів по мірі вираженого антропогенного і техногенного впливу на них:

1. Антопогенно-перетворені природні ґрунти, які зазнали перетворення на глибину до 0,5 м і залишили недоторканим верхній шар – це урбоґрунти. Ніжні ділянки їх профілів відповідають типу дерново підзолистих (вододільні ділянки) або алювіальних ґрунтів (заплави річок).

2. Почвоґрунти антропогенного характеру глибоко перетворені, розповсюджені на міських територіях, утворилися в наслідок урбанізації на ґрунтах, що є насипними, намивними, перемішаними або на культурному шарі. Глибина зміни структури профілю більше 0,5 м. Ґрунти поділяються на 2 підтипи. Перетворені фізично, ґрунти з фізико механічною перебудовою, і хімічно перетворені, ґрунти зі значними властивостей і будови профілю внаслідок інтенсивного хімічного забруднення. Перший підтип (урбаноземі) покривають селітебні ділянки, пустирі, зарослі звалища; другий підтип ґрунтів (індустріземі) займають райони промислових підприємств, поблизу великих автомобільних шляхів і залізних доріг.

3. Поверхневі створені штучно - гумусировані почвоподібні утворення, є відносно молодими, належать до категорії урботехноземів і розташовані на тих же територіях, що й інші типи ґрунтів [15].

Розвиток та становлення ґрунтів у містах мають певну особливість, яка впливає на зміст і форми розміщення в них важких металів; до них належать:

1. Ерозія або знищення верхнього гумусового горизонту і рослинного покриву. Це стає результатом погіршенням міцності ґрунтів відносно до токсичного впливу важких металів. Явища такого характеру виникають на будівельних майданчиках, сміттєзвалищах, на дорожніх узбіччях. До них мають відношення ущільнення ґрунтів, що запобігають відновленню природних властивостей і розвитку рослинного світу.

2. Привезення і насип ґрунту. В цьому випадку властивості ґрунту визначаються властивостями переміщеного ґрунту.

3. Використання солі і піску для боротьби з ожеледицею. Призводить до відчутного збільшення солі в ґрунті та зміни розмірів часток у верхньому шарі ґрунту, які спостерігаються не лише поблизу доріг, а й на великій відстані від них.

4. Щорічний рослинний опад восени. Унаслідок біологічного циклу вилучається значна кількість хімічних елементів, вміст органічної речовини в ґрунті зменшується [15].

Почвоґрунти міста мають характерні особливості, завдяки яким різняться з ґрунтами природних ландшафтів. Великий розкид величин хімічних показників є основним показником відхилення. Для почвоґрунтів типічні підвищення вмісту органічного вуглецю та високі значення рН. Часто виявляється підвищений вміст органічного вуглецю в зразках проб ґрунтів, зроблених поблизу доріг. Це наслідок забруднення придоріжних ґрунтів сажею або нафтопродуктами, автотранспортом і не показує вмісту у ґрунті гумусу [16].

Поклади піску, великого та середнього пилу переважають у ґрунтах міста. Це співвідноситься як до особливостей ґрунтоутворюючих порід так і до використання значної кількості піску для боротьби з ожеледицею. Пісок та пил осідають на прилеглих до доріг ділянках завдяки результату роботи збиральних машин і діяльності вітру. [16].

Проби ґрунту відбиралися в чотирьох різних точках міста Харкова на жвавих перехрестях з різним по напруженості автотранспортними потоками і промисловим впливом (рис. 3.1). У місцях відбору зразків ґрунтів була визначена інтенсивність руху автотранспортних засобів. Підрахунок було проведено в робочі дні в години пік протязі 20 хвилин з подальшим перерахунком транспорту на кількість автомобілів на годину.

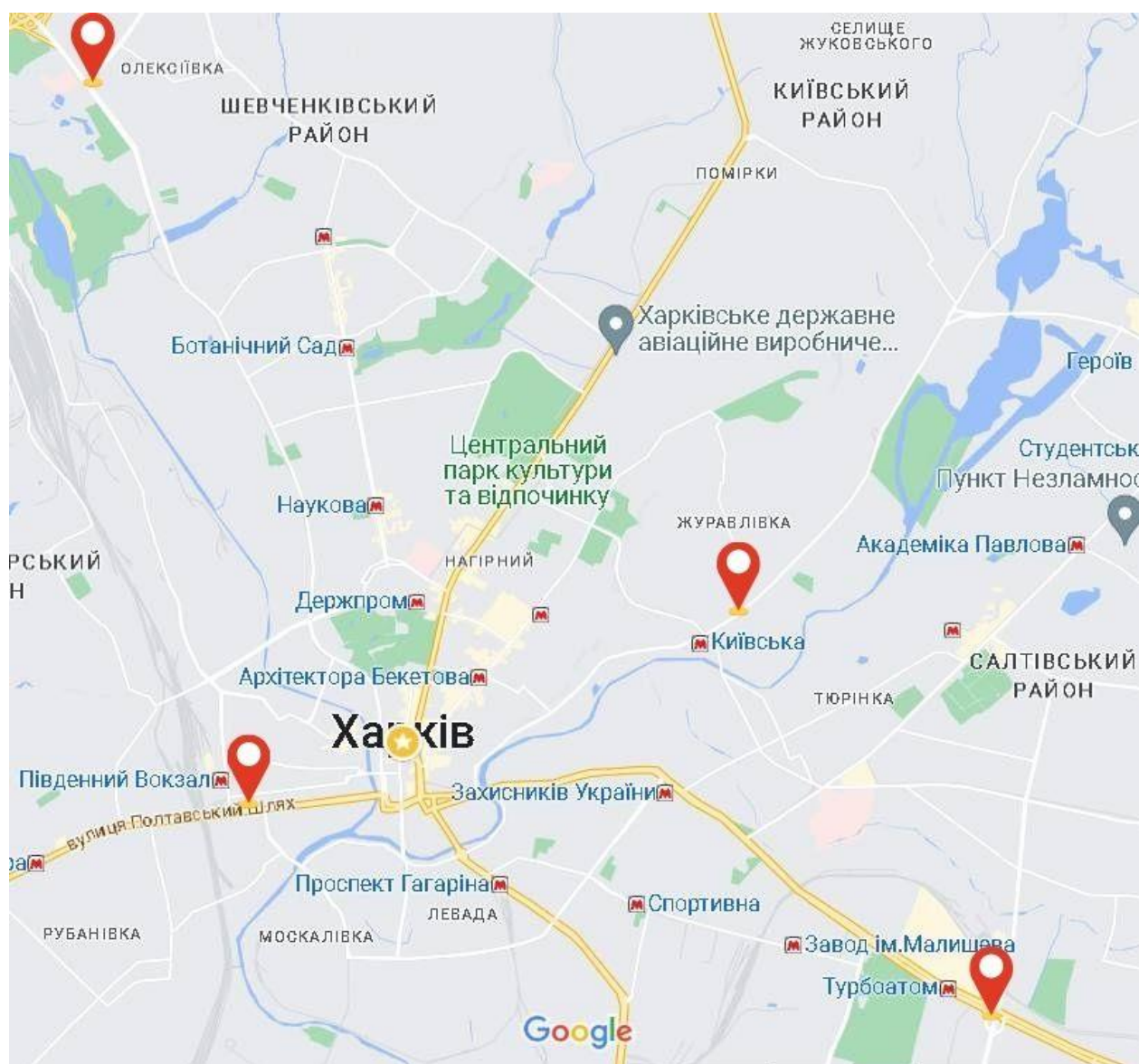


Рис. 3.1 – Місця відбору проб ґрунту м. Харкова

Пункт 1. Територія, впродовж вул. Шевченка. Проби ґрунту бралися на газонах, поблизу дороги. Інтенсивність руху – 730 од / год.

Пункт 2. Перехрестя пр. Героїв Харкова та пр. Льва Ландау. Проби ґрунту бралися на газоні біля зупинки міського транспорту. Інтенсивність руху – 1200 од / год.

Пункт 3. Вул. Полтавський шлях. Проби ґрунту бралися на зупинці міського транспорту в районі вокзалу. Інтенсивність руху автотранспорту складає – 1610 од / год.

Пункт 4. Перехрестя вул. Клочківська та пр. Перемоги. Проби ґрунту бралися на газоні поблизу доріг. Інтенсивність руху автотранспорту складає – 820 од / год.

3.2. Оцінка фітотоксичних властивостей ґрунтів

Оцінку токсикологічних властивостей ґрунтів здійснювали шляхом визначення їх фітотоксичних властивостей використовуючи метод біотестування водних витяжок з ґрунтів на вищих рослинах різних систематичних груп [17].

Цей підхід базується на встановленні достовірної відмінності між кількістю пророслих рослин. Довжина коренів та паростків, виміряна в тестовому ґрунті (дослідженні), порівнюється з довжиною в ґрунті контрольній, який не містить токсичних речовин [18].

Основою на обчисленні довжини коренів у зразках контролю та дослідження, ми провели розрахунок середніх арифметичних показників, котрі використовують для розрахунку різниці у довжині коренів між дослідженням та контролем (A), %.

Таблиця 3.1

**Оцінка токсичності урбоґрунтів м. Харків
на рослинах *Zea mais* L**

Місце відбору проб грунту	Довжина, мм				Зменшення	
	Корені, середнє арифметичне		Паростки, середнє арифметичне		довжини відносно контролю, %	
	Конт- роль	Дослід	Конт- роль	Дослід	Корені	Парост- ки
Вул. Шевченка	64,63	38,95	18,90	11,05	37,95	43,95
Пр. Героїв Харкова	43,20	5,95	22,10	2,30	85,90	91,90
Вул. Полтавський шлях	43,13	12,85	20,95	8,00	70,10	67,10
Вул. Клочківська	74,60	53,10	41,80	28,95	31,80	31,20

Таблиця 3.2

**Оцінка токсичності урбоґрунтів м. Харків на рослинах
Raphanus sativus L**

Місце відбору проб грунту	Довжина, мм				Зменшення	
	Корені, середнє арифметичне		Паростки, середнє арифметичне		довжини відносно контролю, %	
	Конт- роль	Дослід	Конт- роль	Дослід	Корені	Парост- ки
Вул. Шевченка	39,90	25,53	14,27	10,17	36,10	28,74
Пр. Героїв Харкова	56,17	28,30	22,87	12,77	49,61	44,17
Вул. Полтавський шлях	57,27	37,50	20,05	13,68	34,52	31,75
Вул. Клочківська	57,27	38,09	20,05	12,64	33,49	36,96

Динаміка токсичності об'єктів тестування наведена на рис. 3.2 і 3.3.

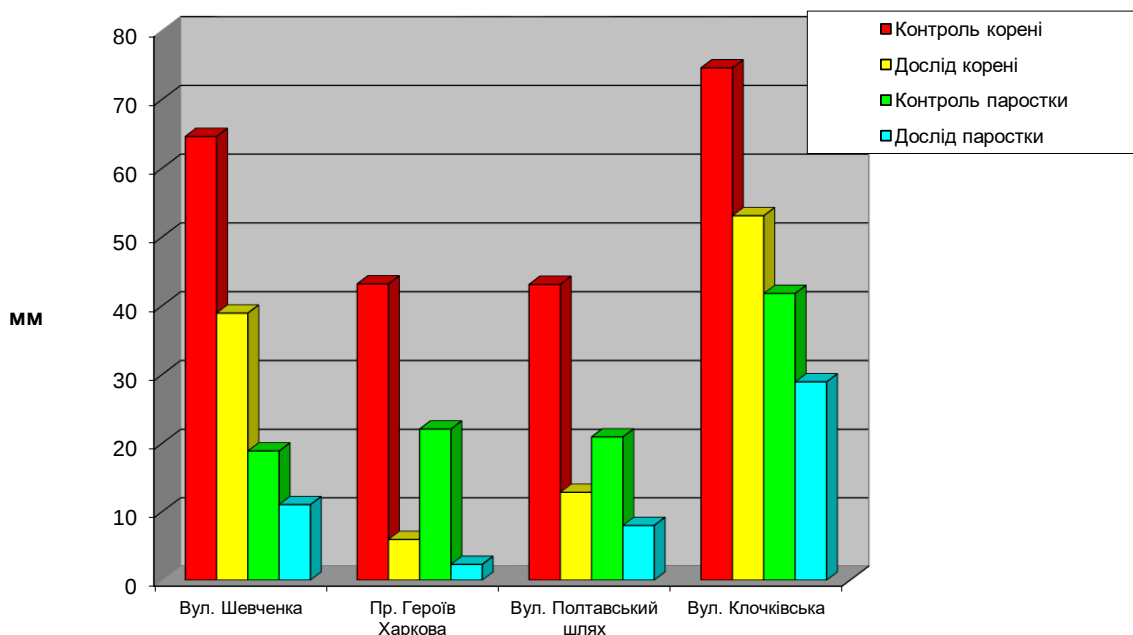


Рис. 3.2 – Зменшення розміру коренів та паростків насіння кукурудзи (*Zea mays L.*) відносно контролю, мм

Як показує дослід, виявлено фітотоксичність ґрунтових проб під час тестування на рослині *Zea mays L.* на всіх досліджених вулицях міста Харкова, оскільки відмітна різниця у довжині коренів та паростків становила понад 20%.

Виявлений найбільший показник токсичного впливу на проспекті пр. Героїв Харкова (85,9 % зменшення довжини коренів порівняно з контрольним зразком; 91,9 % зменшення довжини паростків порівняно з контрольним зразком) та на вул. Полтавський шлях (70,1 % зменшення довжини коренів порівняно з контрольним зразком; 67,10 % зменшення довжини паростків порівняно з контрольним зразком). Цей результат виникає внаслідок суттєвого впливу викидів від інтенсивного потоку автомобілів, що істотно підвищує рівень забруднення даної території [19].

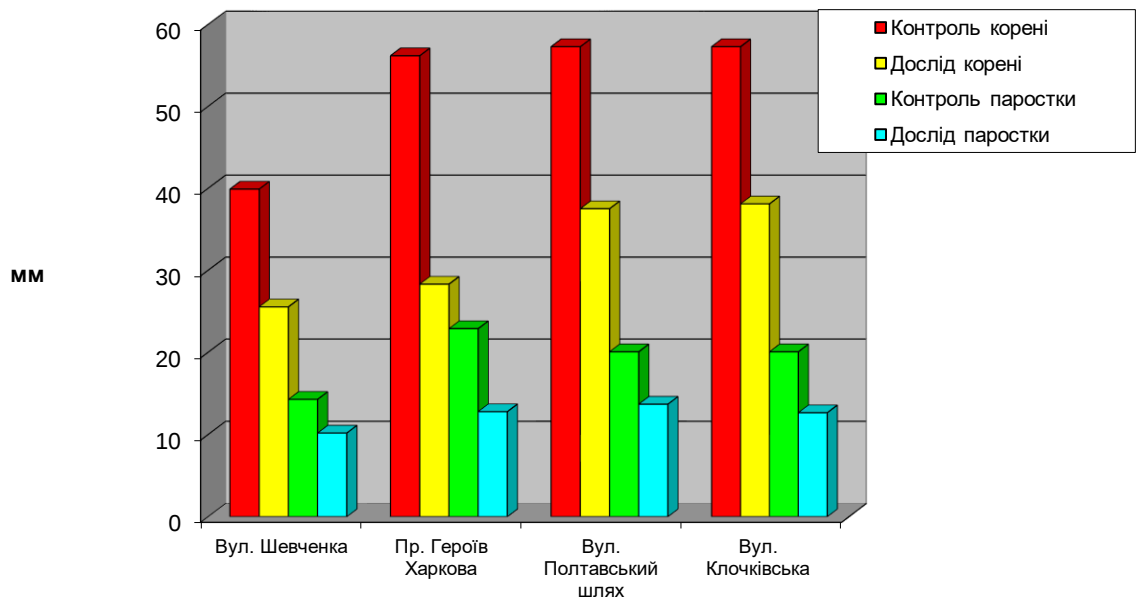


Рис. 3.3 – Зменшення розміру коренів та паростків насіння редьки (*Raphanus sativus* L.) відносно контролю, мм

Згідно проведеного дослідження на *Raphanus sativus* L визначено, що також усі проби ґрунту виявилися фітотоксичними. Найбільший показник забрудненості за використанням цього тест-об'єкту виявлено на території пр. Героїв Харкова (49,61 % зменшення довжини коренів порівняно з контрольним зразком; 44,17 % зменшення довжини паростків порівняно з контрольним зразком).

Як показує дослід, у всіх пробах встановлено достовірне ($P=0,05$) зниження довжини коренів та паростків використаних тест об'єктів, тобто усі проби ґрунту виявили токсичні властивості.

Для отримання комплексної оцінки тестування визначимо індекс фітотоксичності:

$$I\Phi = \lg \left[\frac{(D_p + D_k + E_p)_{\text{досл.}}}{(D_p + D_k + E_p)_{\text{контр.}}} \right],$$

де D_p – довжина паростків;

D_k – довжина коренів;

E_p – енергія проростання.

Таблиця 3.3

**Індекс інтегральної фітотоксичності при біотестуванні
антропогенно перетворених ґрунтів м. Харкова**

№	Місце відбору проб	Індекс фітотоксичності (ИФ)		ИФ _{ср}
		<i>Zea mays L.</i>	<i>Raphanus sativus L.</i>	
2.	Вул. Шевченка	0,46	0,23	0,34
3.	Пр. Героїв Харкова	0,82	0,28	0,55
4.	Вул. Полтавський шлях	0,13	0,18	0,15
6.	Вул. Клочківська	0,16	0,16	0,16

Індекс інтегральної фітотоксичності дає змогу визначити вплив водних витяжок з забрудненого ґрунту на тест-реакції вищих рослин більш об'єктивно [20].

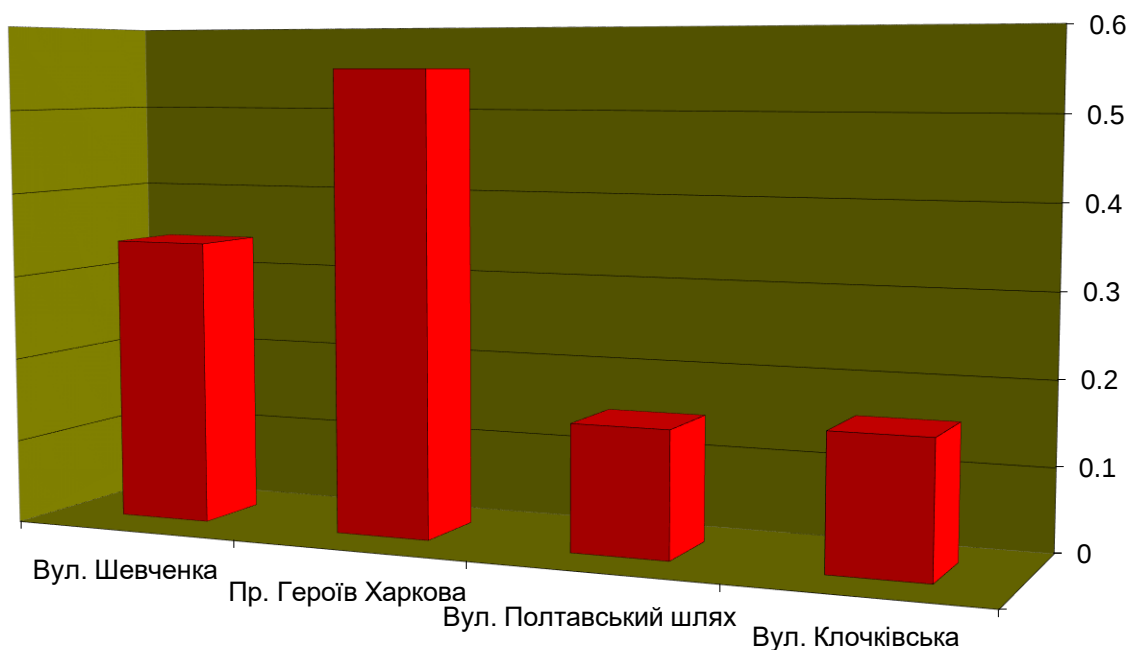


Рис. 3.4 – Значення інтегрального індексу фітотоксичності антропогенно перетворених ґрунтів м. Харків

В результаті проведених досліджень ми бачимо, що найвищий індекс фітотоксичності виявився на Пр. Героїв Харкова, а найменший на вулиці Полтавський шлях.

Проведений дослід на визначення фітотоксичності методом біотестування, показав, що даний метод є досить ефективним. Біотестування дає можливість швидкого отримання інтегральної оцінки токсичності, що робить доцільним його застосування при скринінгових дослідженнях [21].

Отже, узагальнюючи наші дослідження, бачимо, біологічний аналіз показав, що усі проби ґрунту виявилися токсичними, тобто встановлено достовірне ($P=0,05$) зниження довжини коренів та паростків використаних тест об'єктів. Це говорить про те, що саме біологічні методи є більш ефективними для інтегрального оцінювання якості навколишнього середовища.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ СТАНУ УРБОГРУНТІВ ПІД ВПЛИВОМ АВТОТРАНСПОРТУ

Ось декілька пропозицій щодо покращення якості ґрунту в міському середовищі, які піддаються впливу автотранспорту:

1. Розробка та впровадження програми зелених реконструкцій міських автомагістралей та доріг, включаючи створення зелених бар'єрів та бар'єрів-поглиначів, що допомагають зменшити викиди забруднюючих речовин у ґрунт.
2. Встановлення системи переробки дощових вод, яка збирає та очищує дощову воду від автотранспорту перед її стоком в ґрунт, щоб запобігти забрудненню ґрунту насадженнями бензину та масел.
3. Проведення регулярного моніторингу якості ґрунту вздовж автомагістралей та доріг, щоб вчасно виявляти і реагувати на забруднення та удосконалювати заходи захисту.
4. Заохочення впровадження "зелених стін" та вертикального садівництва на міських стінах та будівлях, що могли б допомогти відсіювати забруднення з повітря та захищати ґрунт.
5. Популяризація електричного або гібридного автотранспорту в містах, що допоможе знизити викиди шкідливих речовин, які потрапляють в ґрунт через викиди з вихлопних газів.
6. Запровадження обмежень на паркування в окремих зонах, що дозволить зменшити обтискування ґрунту пневматичними колесами автомобілів та зберегти його структуру.
7. Впровадження ефективної системи очищення та обробки ґрунту вздовж автомагістралей та доріг з метою зменшення впливу забруднень на якість ґрунту.

Ці заходи сприятимуть покращенню якості ґрунту в міському середовищі, яке піддається впливу автотранспорту, і зроблять місто більш екологічно сталим та здоровим для мешканців.

ВИСНОВКИ

Транспортні викиди постійно забруднюють довкілля через інтенсивний рух автотранспорту. Це одна з основних причин забруднення ґрунту, яка посилюється через зростання кількості транспорту. Викиди від двигунів мають серйозний негативний вплив на навколишнє середовище і людей. Щоб зменшити цю проблему, потрібно прийняти ефективні заходи, такі як використання екологічних видів транспорту та розвиток сталої транспортної інфраструктури.

На підставі результатів нашого дослідження зроблено такі висновки:

1. Природний ґрунтовий покрив міста Харкова практично знищений на більшій частині території.

2. Ґрунти відіграють унікальну роль у екологічному контексті, функціонуючи як система зберігання, яка може накопичувати викиди та вили підприємств, хімічні речовини для захисту рослин, а також добрива. Це сприяє успішному використанню методів біотестування.

3. На всіх ділянках, що досліджувалися, встановлено достовірне ($P=0,05$) зниження довжини коренів та паростків використаних тест об'єктів, тобто усі проби ґрунту виявили токсичні властивості..

4. Зафіксовано найвищий рівень токсичного впливу на пр. Героїв Харкова (85,9 % зменшення довжини коренів порівняно з контрольним зразком; 91,9 % зменшення довжини паростків порівняно з контрольним зразком) та на вул. Полтавський шлях (70,1 % зменшення довжини порівняно з контрольним зразком ; 67,10 % зменшення довжини паростків порівняно з контрольним зразком).

5. Розрахунок індексу фітотоксичності показав, що найвищий індекс фітотоксичності виявився на пр. Героїв Харкова, а найменший на вул. Полтавський шлях.

6. Метод біотестування ґрунтів може бути використаним у комплексному моніторингу міст та урбанізованих територій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каніло П. М. Автомобіль та навколишнє середовище. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. Харків : Прапор, 2000. 304 с.
2. Воронцова Т. В. Основи життєдіяльності : *підручник* Київ: Вид-во "Либідь", 2001. 500 с.
3. Шибя О. А. Вплив розвитку транспортної інфраструктури на економічне зростання країн-членів Європейського Союзу : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.00.02. Львів, 2017. 20 с.
4. Олійник Я. Б., Шищенко П. Г. Основи екології : *підручник*. Київ : Вид-во «Знання», 2012. 558 с.
5. Сухарев С. М., Чундак С. Ю., Сухарева О. Ю. Основи екології та охорони довкілля : *навч. посіб. для ВНЗ*. Київ : Центр навч. літ., 2006. 394 с.
6. Архіпова Г. І. Аналіз впливу відпрацьованих автомобільних газів на стан атмосферного повітря в густонаселених районах. *Вісник НАУ*. Київ, 2009. 28 с.
7. Потіш Л. А., Медвідь В. Г., Гвоздецький О. Г., Козак З. Я. Екологія:основи теорії і практикум. : *навч. посіб.* Львів : Вид-во «Магнолія плюс», 2003. 294 с.
8. Фоменко Г. Р. Транспортна інфраструктура і проблеми міст. *Проблеми розвитку міського середовища* : зб. наукових праць. Київ : Національний авіаційний університет. 2016. 116 с.
9. Гутаревич Ю. Ф. Екологія та автомобільний транспорт : *навч. посіб.* Київ : Вид-во «Арістей». Вид. 2-ге, 2008. 292 с.
10. Данилевич Я. Б. Системні рішення проблем екологічної безпеки автотранспортного комплексу, як метод покращення екологічної ситуації у мегаполісах. *Автотранспорт: від екологічної політики до щоденної практики* : доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф. Київ : ЦУЛ, 2005. 51 с.

11. Жицька Л. І., Хоменко О. М., Плахотня Л. І. Техноекологія: *навч. посіб.* Черкаси : видавець ФОП Гордієнко Є. І., 2018. 203 с.
12. Джигерей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : *навч. посіб.* Київ : Т-во "Знання", 2006. 4-те вид. 136 с.
13. Корнелюк Н. М., Конякін С. М. Польовий практикум : *навч. посіб.* Черкаси: ЧДТУ, 2016. 235 с.
14. Злобін Ю. А. Основи екології : *навч. посіб.* Київ : Вид-во "Лібра", 1998. 345 с.
15. Моніторинг довкілля : *підручник* / В. М Боголюбов та ін. Вінниця : ВНТУ, 2010. 232 с.
16. Кобилянська І. М., Кобилянський О. В., Яблочников С. Л. Безпека життєдіяльності : *навч. посіб.* Київ : Вид-во «Планер», 2007. 128 с
17. Корсак К. В., Плахотник О. В. Основи екології : *навч. посіб.* Київ : Вид-во МАУП, 2000. 399 с.
18. Кучерявий В. П. Екологія : *навч. посіб.* Львів : Вид-во "Світ", 2000. 237 с.
19. Білявський Г. О., Бутченко Л. І., Навроцький В. М. Основи екології : *навч. посіб.* Київ : Вид-во «Лібра», 2002. 352 с
20. Гончаренко Т. П., Хоменко О. М. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище : *навч. посіб.* Черкаси : ЧДТУ, 2015. 317 с.
21. Царенко О. М. Основи екології та економіка природокористування : *навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл.* Суми : Унів. кн., 2004. 591 с.